

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten internationalen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the international patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet international spécifiée à la page suivante.

Den Haag, den
The Hague,
La Haye, le

06. 01. 04

Der Präsident des Europäischen Patentamts
Im Auftrag
For the President of the European Patent Office
Le Président de l'Office européen des brevets
p. o.

R. de B...



Patentanmeldung Nr.
Patent application no.
Demande de brevet n° **PCT/EP 02/05335**



Anmeldung Nr.:
Application no.: PCT/EP 02/05335
Demande n°:

Anmelder:
Applicant(s):
Demandeur(s):
1. Forschungszentrum Karlsruhe GmbH - Karlsruhe, Deutschland
2. FEHER, Lambert - Linkenheim-Hochstetten, Deutschland (nur US)
3. BAUMGÄRTNER, Hartmut - Karlsdorf-Neuthard (nur US)

Bezeichnung der Erfindung:
Title of the invention:
Titre de l'invention: Mikrowellentechnischer Durchlauferhitzer

Anmeldetag:
Date of filing: 15. Mai 2002 (15.05.2002)
Date de dépôt:

In Anspruch genommene Priorität(en)
Priority(ies) claimed
Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:
State: Deutschland
Pays:

Tag:
Date: 08. Juni 2001
Date: (08.06.2001)

Aktenzeichen:
File no. 101 28 038.6
Numéro de dépôt:

Benennung von Vertragsstaaten : Siehe Formblatt PCT/RO/101 (beigefügt)
Designation of contracting states : See Form PCT/RO/101 (enclosed)
Désignation d'états contractants : Voir Formulaire PCT/RO/101 (ci-joint)

Bemerkungen:
Remarks:
Remarques:

Weitere Anmelder:

4. LINK, Guido - Waldzbachtal, Deutschland (nur US)

Feld Nr. V BESTIMMUNG VON STAATEN Bitte die entsprechenden Kästchen ankreuzen; wenigstens ein Kästchen muß angekreuzt werden.

Die folgenden Bestimmungen nach Regel 4.9 Absatz a werden hiermit vorgenommen:

Regionales Patent

- ☒ **AP ARIPO-Patent:** GH Ghana, GM Gambia, KE Kenia, LS Lesotho, MW Malawi, MZ Mosambik, SD Sudan, SL Sierra Leone, SZ Swasiland, TZ Vereinigte Republik Tansania, UG Uganda, ZW Simbabwe und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat des Harare-Protokolls und des PCT ist
- ☒ **EA Eurasisches Patent:** AM Armenien, AZ Aserbaidshan, BY Belarus, KG Kirgisistan, KZ Kasachstan, MD Republik Moldau, RU Russische Föderation, TJ Tadschikistan, TM Turkmenistan und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat des Eurasischen Patentübereinkommens und des PCT ist
- ☒ **EP Europäisches Patent:** AT Österreich, BE Belgien, CH & LI Schweiz und Liechtenstein, CY Zypern, DE Deutschland, DK Dänemark, ES Spanien, FI Finnland, FR Frankreich, GB Vereinigtes Königreich, GR Griechenland, IE Irland, IT Italien, LU Luxemburg, MC Monaco, NL Niederlande, PT Portugal, SE Schweden, TR Türkei und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat des Europäischen Patentübereinkommens und des PCT ist
- ☒ **OA OAPI-Patent:** BF Burkina Faso, BJ Benin, CF Zentralafrikanische Republik, CG Kongo, CI Côte d'Ivoire, CM Kamerun, GA Gabun, GN Guinea, GW Guinea-Bissau, ML Mali, MR Mauretanien, NE Niger, SN Senegal, TD Tschad, TG Togo und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat der OAPI und des PCT ist (falls eine andere Schutzrechtsart oder ein sonstiges Verfahren gewünscht wird, bitte auf der gepunkteten Linie angeben)

Nationales Patent (falls eine andere Schutzrechtsart oder ein sonstiges Verfahren gewünscht wird, bitte auf der gepunkteten Linie angeben):

- | | | |
|---|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> AE Vereinigte Arabische Emirate | <input checked="" type="checkbox"/> GH Ghana | <input checked="" type="checkbox"/> MX Mexiko |
| <input checked="" type="checkbox"/> AG Antigua und Barbuda | <input checked="" type="checkbox"/> GM Gambia | <input checked="" type="checkbox"/> MZ Mosambik |
| <input checked="" type="checkbox"/> AL Albanien | <input checked="" type="checkbox"/> HR Kroatien | <input checked="" type="checkbox"/> NO Norwegen |
| <input checked="" type="checkbox"/> AM Armenien | <input checked="" type="checkbox"/> HU Ungarn | <input checked="" type="checkbox"/> NZ Neuseeland |
| <input checked="" type="checkbox"/> AT Österreich | <input checked="" type="checkbox"/> ID Indonesien | <input checked="" type="checkbox"/> PL Polen |
| <input checked="" type="checkbox"/> AU Australien | <input checked="" type="checkbox"/> IL Israel | <input checked="" type="checkbox"/> PT Portugal |
| <input checked="" type="checkbox"/> AZ Aserbaidshan | <input checked="" type="checkbox"/> IN Indien | <input checked="" type="checkbox"/> RO Rumänien |
| <input checked="" type="checkbox"/> BA Bosnien-Herzegovina | <input checked="" type="checkbox"/> IS Island | <input checked="" type="checkbox"/> RU Russische Föderation |
| <input checked="" type="checkbox"/> BB Barbados | <input checked="" type="checkbox"/> JP Japan | |
| <input checked="" type="checkbox"/> BG Bulgarien | <input checked="" type="checkbox"/> KE Kenia | <input checked="" type="checkbox"/> SD Sudan |
| <input checked="" type="checkbox"/> BR Brasilien | <input checked="" type="checkbox"/> KG Kirgisistan | <input checked="" type="checkbox"/> SE Schweden |
| <input checked="" type="checkbox"/> BY Belarus | <input checked="" type="checkbox"/> KP Demokratische Volksrepublik Korea | <input checked="" type="checkbox"/> SG Singapur |
| <input checked="" type="checkbox"/> BZ Belize | | <input checked="" type="checkbox"/> SI Slowenien |
| <input checked="" type="checkbox"/> CA Kanada | <input checked="" type="checkbox"/> KR Republik Korea | <input checked="" type="checkbox"/> SK Slowakei |
| <input checked="" type="checkbox"/> CH & LI Schweiz und Liechtenstein | <input checked="" type="checkbox"/> KZ Kasachstan | <input checked="" type="checkbox"/> SL Sierra Leone |
| <input checked="" type="checkbox"/> CN China | <input checked="" type="checkbox"/> LC Saint Lucia | <input checked="" type="checkbox"/> TJ Tadschikistan |
| <input checked="" type="checkbox"/> CO Kolumbien | <input checked="" type="checkbox"/> LK Sri Lanka | <input checked="" type="checkbox"/> TM Turkmenistan |
| <input checked="" type="checkbox"/> CR Costa Rica | <input checked="" type="checkbox"/> LR Liberia | <input checked="" type="checkbox"/> TR Türkei |
| <input checked="" type="checkbox"/> CU Kuba | <input checked="" type="checkbox"/> LS Lesotho | <input checked="" type="checkbox"/> TT Trinidad und Tobago |
| <input checked="" type="checkbox"/> CZ Tschechische Republik | <input checked="" type="checkbox"/> LT Litauen | |
| <input checked="" type="checkbox"/> DE Deutschland | <input checked="" type="checkbox"/> LU Luxemburg | <input checked="" type="checkbox"/> TZ Vereinigte Republik Tansania |
| <input checked="" type="checkbox"/> DK Dänemark | <input checked="" type="checkbox"/> LV Lettland | <input checked="" type="checkbox"/> UA Ukraine |
| <input checked="" type="checkbox"/> DM Dominica | <input checked="" type="checkbox"/> MA Marokko | <input checked="" type="checkbox"/> UG Uganda |
| <input checked="" type="checkbox"/> DZ Algerien | <input checked="" type="checkbox"/> MD Republik Moldau | <input checked="" type="checkbox"/> US Vereinigte Staaten von Amerika |
| <input checked="" type="checkbox"/> EC Ecuador | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> EE Estland | <input checked="" type="checkbox"/> MG Madagaskar | <input checked="" type="checkbox"/> UZ Usbekistan |
| <input checked="" type="checkbox"/> ES Spanien | <input checked="" type="checkbox"/> MK Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien | <input checked="" type="checkbox"/> VN Vietnam |
| <input checked="" type="checkbox"/> FI Finnland | | <input checked="" type="checkbox"/> YU Jugoslawien |
| <input checked="" type="checkbox"/> GB Vereinigtes Königreich | <input checked="" type="checkbox"/> MN Mongolei | <input checked="" type="checkbox"/> ZA Südafrika |
| <input checked="" type="checkbox"/> GD Grenada | <input checked="" type="checkbox"/> MW Malawi | <input checked="" type="checkbox"/> ZW Simbabwe |
| <input checked="" type="checkbox"/> GE Georgien | | |

Kästchen für die Bestimmung von Staaten, die dem PCT nach der Veröffentlichung dieses Formblatts beigetreten sind.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Erklärung bzgl. vorsorglicher Bestimmungen: Zusätzlich zu den oben genannten Bestimmungen nimmt der Anmelder nach Regel 4.9 Absatz b auch alle anderen nach dem PCT zulässigen Bestimmungen vor mit Ausnahme der im Zusatzfeld genannten Bestimmungen, die von dieser Erklärung ausgenommen sind. Der Anmelder erklärt, daß diese zusätzlichen Bestimmungen unter dem Vorbehalt einer Bestätigung stehen und jede zusätzliche Bestimmung, die vor Ablauf von 15 Monaten ab dem Prioritätsdatum nicht bestätigt wurde, nach Ablauf dieser Frist als vom Anmelder zurückgenommen gilt. (Die Bestätigung (einschließlich der Gebühren) muß beim Anmeldeamt innerhalb der Frist von 15 Monaten eingehen.)

Mikrowellentechnischer Durchlauferhitzer

Die Erfindung betrifft einen mikrowellentechnischen Durchlauferhitzer zum Erwärmen fluider Medien.

Die Mikrowelle eignet sich zum Erwärmen in vielfältiger Form. Sie findet daher Einsatz in der Ernährungsindustrie, im Haushalt, in der Medizin, in der industriellen Materialprozessierung in unterschiedlicher Weise, sei es, dass ein Prozessgut einfach angestrahlt wird, sei es, dass ein Applikator Bestandteil einer mikrowellentechnischen Anlage zur Erwärmung ist, wie etwa die hinlänglich bekannte Haushaltsmikrowelle oder bei der Temperierung und Thermostatisierung eines Wärmebades in der Materialbearbeitung.

Letzteres ist aus der DE 199 35 387 A1 bekannt. Dort ist an einer Seitenwand des Beckens der Mikrowellen-Applikator angebracht, der eine Seitenwand mit dem Becken gemeinsam hat. Diese Wand besteht aus einem Gitter, das eine Maschenweite hat, die die Mikrowelle nicht mehr durchtreten lässt, wohl aber die Flüssigkeit des Bades im eigentlichen Nutzbecken und dem Applikator durch die Gitterwand hindurch zirkulieren bzw. umgewälzt werden kann.

Solche Aufbauten sind recht komplex, wenn der mikrowellentechnische Teil und der Nutzbereich, von außen gesehen, eine bauliche Einheit bilden. Damit einher gehen Schutzmaßnahmen, die aufgrund der räumlichen Enge gewichtige Beachtung finden müssen.

Aus den Schriften DE 697 01 702 T2, DE 199 25 493 C1 und DE 196 06 517 C2 ist jeweils ein Mikrowellenresonator bekannt, der von einem mikrowellendurchlässigen Rohr durchquert wird:

So wird in der DE 697 01 702 T2 ein Verfahren zur Zersetzung von Polymeren zu Monomeren angegeben, wobei sich anfänglich der Po-

lymer in einem Quarzrohr befindet, das durch die Mikrowellenkavität ragt, die ein Hohlleitersystem abschließt.

In der DE 199 25 493 C1 wird eine linear ausgedehnte Anordnung zur großflächigen Mikrowellenbehandlung und zur großflächigen Plasmaerzeugung vorgestellt. Eine Ausgestaltung besteht aus einem Hohlraumresonator mit ellipsenförmigem Querschnitt, entlang dessen einer Brennnlinie ein linear gestreckte Mikrowellenantenne vorhanden ist. Dieser ist mit einem für die Umgebung inerten Dielektrikum umgeben, das mikrowellendurchlässig ist. Entlang der zweiten Brennnlinie verläuft als Last ebenfalls ein mikrowellendurchlässiges Rohr, in dem ein zu behandelndes Werkstück liegt, das darin dem durch die Mikrowelle erzeugten Plasma ausgesetzt ist.

Die DE 196 06 517 C2 stellt einen Druckreaktor mit Mikrowellenheizung für kontinuierlichen Betrieb vor. Er besteht aus aneinandergereihten einzelnen, mit Mikrowellensendeantennen ausgerüsteten Zellen mit massebezogenen Trennwänden. Durch die Trennwände und Zellen hindurch führen Rohre aus mikrowellentransparentem Material, die nach außerhalb in Metallrohrleitungen übergehen. In diesen Rohren fließt das Medium, das durch die Einwirkung der kammerweise eingekoppelten Mikrowelle erwärmt wird. Kammerreihe ist über Ankerbolzen druck- und mikrowellendicht verspannt.

Aufgabe ist, eine technisch einfache Einrichtung zur Erwärmung von Flüssigkeiten/Fluiden mittels Mikrowelle bereitzustellen, in deren Applikator Mikrowellenenergie reflexionsfrei oder bis zu einem tolerablen Maß reflexionsarm einkoppelbar ist.

Die Aufgabe wird durch einen mikrowellentechnischen Durchlauferhitzer zum geführten Erwärmen fluider Medien gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Die Mikrowellenquelle der Einrichtung hat eine Auskoppereinrichtung/Antenne, die je nach räumlicher Vorgabe direkt oder über einen Rechteckhohlleiter an die Mikrowelleneinkoppelöffnung in der Seitenwand eines rechteckigen Applikators angeflanscht ist.

Die Last ist ein mit dem zu erwärmenden Medium durchströmtes dielektrisches Rohr, das parallel zur Achse der Einkoppelöffnung für die Mikrowelle zwischen zwei zueinander parallelen Seitenwänden des Applikators eingebaut ist und auf der Längsachse der jeweiligen Seitenwand stößt.

An das dielektrische Rohr schließt sich an seinen beiden Enden nach außen hin je ein metallischer Rohrstutzen an, beide freien Enden sind an einen Strömungskreislauf angeschlossen. Beide Rohrstutzen setzen einerseits fluid/gasdicht am jeweiligen Ende des dielektrischen Rohres an und sind andererseits mindestens mikrowellendicht, aber auch mechanisch hinreichend stabil an der jeweiligen Seitenwand des Applikators angeflanscht, hart angelötet oder angeschweißt.

Die Geometrie des mikrowellentechnischen Aufbaus wird von der Wellenlänge λ der von der Quelle ausgekoppelten Mikrowelle und der Ausbildung des linear polarisierten Grundmodes TE_{10} bestimmt. Damit liegt der Applikator in seiner Geometrie als Rechteckhohlleiter fest.

Die Achse der Mikowellen-Einkoppelöffnung und die Längsachse des dielektrischen Rohrs stehen parallel zueinander, beide Achsen stehen senkrecht zu zwei einander gegenüberliegenden Applikatorwänden und gehen durch deren jeweilige Längsmittellinie. Beide haben einen Abstand von etwa $\lambda/4$ zur jeweils nächstliegenden Stirnseite des Applikators.

Der Abstand zwischen der Antenne und dem dielektrischen Rohr ist so groß ist, dass die in den Applikator eingekoppelte Mikrowelle

in dem in dem dielektrischen Rohr durchströmenden Fluid, der Last, nahezu völlig oder völlig dissipiert. Zur Feinabstimmung oder Feineinstellung ist deshalb die der Last naheliegende Stirnseite im Gegensatz zu der der Mikrowelleneinkoppelöffnung naheliegenden justierbar, d.h. sie kann mikrowellentechnisch auf die Last justiert werden und ist damit ein Kurzschlussschieber. Diese Einrichtung erübrigt sich nach entsprechender, last- und damit material- bzw. mediumabhängiger Einstellung des Abstandes, wenn stets nur eine Sorte Medium erwärmt werden soll.

Das dielektrische Rohr, in dem das zu erwärmende Medium durchströmt, kann maximal den lichten Abstand der beiden einander gegenüberliegenden Applikatormantelwände haben, zwischen denen das Rohr hindurchgeht. Das dielektrische Rohr verläuft mittig zwischen den beiden Applikatormantelwänden und senkrecht zu den andern beiden, mit denen es stößt. Die durchströmende Flüssigkeit wird volumetrisch erwärmt, im allgemeinen über den lichten Querschnitt des dielektrischen Rohres nicht gleichmäßig sondern im wesentlichen im Profil, etwa eine Sinusform, des linearpolarisierten Grundmodes TE_{10} , der für die maßgebliche leistungsstarke Aufwärmung vorgesehen ist. Da die Längsachse des Rohres mit dem Feldmaximum, der Amplitude des elektrischen Feldes und mit der Polarisationsrichtung des linear polarisierten Grundmodes TE_{10} zusammenfällt, ist daraus ersichtlich, wie gut die gleichmäßige Erwärmung des durchströmenden Mediums, über den lichten Querschnitt gesehen, ist: in naher radialer Umgebung ist sie konstant, in größerer radialer Entfernung nimmt sie ab. Das Konstanz- bzw. Abnahmeverhalten kann durch den ähnlichen Verlauf des linear polarisierten Grundmodes über den Applikatorquerschnitt wie der einer sinusförmigen Halbwelle veranschaulicht werden. Nahe der Mitte zwischen zwei einander gegenüberstehenden Seitenwänden des Applikators ist es etwa konstant entsprechend $\sin(\pi/2)$, darüber hinaus ist der Verlauf ähnlich wie $\sin \alpha$, für $0 < \alpha < \pi$

Die lichte Weite der beiden Rohrstutzen ab der jeweiligen Applikatorwand ist zunächst gleich dem Außendurchmesser des dielektrischen Rohrs. In Bezug auf die Mikrowellenlänge λ bewegt sich diese Teillänge l_g in dem Bereich

$$\lambda/4 < l_g < \lambda/2.$$

Weiter nach außen hin sind die beiden Rohrstutzen in ihrer lichten Weite über eine Länge $l_{\text{cut-off}} > \lambda/4$ derartig verjüngt, dass für die Mikrowelle abhängig von der relativen Dielektrizitätskonstanten ϵ_r des zu erwärmenden Mediums dort Cut-Off-Bedingungen für die Mikrowelle bestehen, sie dort also nicht in die Umgebung austreten kann.

In den Unteransprüchen sind noch weitere, an sich bekannte Maßnahmen beschrieben, mit denen der Durchlauferhitzer zweckmäßig ausgestattet werden kann.

An das dielektrische Rohr werden außer der elektrischen Eigenschaft, dass es fluiddicht ist, keine weiteren außergewöhnlichen Forderungen gestellt. Es muss natürlich gegenüber der berührenden, zu erwärmende Flüssigkeit inert sein. All diese Forderungen erfüllt Aluminiumoxid, das hinsichtlich des durchströmenden Fluids lediglich auf sein chemisches Verhalten, d.h. seine Reaktionssträgheit hin überprüft werden muss. Beispielsweise ist Al_2O_3 für die Mikrowelle von 700 MHz bis 25 GHz nahezu völlig transparent, d. h. es gibt nur mehr geringe bzw. gar keine Mikrowellenankopplung und damit keine problematische Erwärmung des dielektrischen Rohres. Dieses Überprüfen gilt aber für alle dielektrischen Materialien, die als Rohrwand in Frage kommen. Glas, Quarzglas, um weitere Beispiel zu nennen, kommen deshalb auch in Betracht.

In Anspruch 3 wird die Feinabstimmungsmöglichkeit mit der der Last naheliegenden Stirnwand des Applikators aufgeführt. Diese technische Einrichtung ist ein Kurzschlusschieber und nur bei elektrisch unterschiedlichen Medien notwendig. Bei ein und dem-

selben, zu erwärmenden Medium kann diese Stirn wie die gegenüberliegende von Anbeginn an schon fest eingebaut sein, bzw. ist fest eingebaut.

Welcher Typ Mikrowellenquelle im Einzelfall eingesetzt wird, orientiert sich am Leistungsbedarf und der Frequenz ν bzw. Wellenlänge λ der Mikrowelle. Das technisch heute völlig ausgereifte Magnetron dürfte in Leistungsbereichen < 10 kW konkurrenzlos sein (Anspruch 4). Weiter in Frage kommende Mikrowellenquellen sind ein Klystron oder ein Backward-Wave-Oscillator, BWO, oder eine sonstige für die notwendige Mikrowellenleistung technisch geeignete Mikrowellenröhre. Der rechteckige Hohlleiter samt Applikator haben eine einfache, an der Betriebsfrequenz orientierte Geometrie. Im Grunde könnte damit jede Frequenz verwendet werden, solange es dafür auch die entsprechend leistungsstarken Mikrowellenquellen gibt.

Mit dem mikrowellentechnischen Durchlauferhitzer können polare und nichtpolare Fluide/Flüssigkeiten gelenkt erwärmt werden. Unter polaren Fluiden werden Flüssigkeiten verstanden, deren Moleküle ein permanentes elektrisches Dipolmoment haben, wie Wasser,

Säuren, Ölsäuren und dergleichen. Dadurch können bekanntermaßen elektrische Felder gut ankoppeln. Die komplementäre Gruppe der nichtpolaren besteht aus Molekülen, die dieses elektrische Dipolmoment nicht permanent haben, sind also meist organischer Natur wie säurefreie Öle und Fette, Alkohole, um nur einige zu nennen. Bei beiden Arten ist das volumetrische Erwärmen maßgebend.

Der mikrowellentechnische Durchlauferhitzer ist ein technisch sehr einfacher Aufbau, der komplett aus Standardkomponenten besteht. Mikrowellentechnische Abschirmmaßnahmen zur Umwelt hin bestehen gewissermaßen inhärent, da die Mikrowellenquelle als

Baugruppe mit einem Metallgehäuse umgeben ist. Sie ist mit Kühlrippen und einem Gebläse zur Kühlung oder Kühlrippen mit kühlmitteldurchströmbaren Kanälen versehen, die an einen Kühlkreislauf anschließbar sind. Der Applikator ist unmittelbar oder über ein kurzes Hohlleiterstück angeflanscht. Über die beiden metallischen Rohrstutzen, die an den beiden Enden des dielektrischen Rohrs ansetzen, ist die Schließung des Strömungskreislaufs mit zwei Schlauchanschlüssen einfach erledigt.

Die mikrowellentechnischen Einrichtung ist von der Nutzung des erwärmten Fluids entkoppelt, das bedeutet, dass nur die mikrowellentechnische Einrichtung zur Umgebung hin sicher abgeschirmt werden muss, nicht aber die Nutzereinrichtung, wie ein Wärmebad, ein Radiator, eine Temperiereinrichtung oder sonst eine in dieser Art brauchbare Erwärmungseinrichtung in Verfahrensanlagen, in der das erwärmte Fluid schließlich genutzt wird. Statt des Fluids kann prinzipiell auch ein Gas auf diese Weise erwärmt werden, sofern die Mikrowelle im lichten Bereich des dielektrischen Rohrs überhaupt brauchbar, d.h. konkurrierbar mit andern Erwärmungssystemen ankoppeln würde.

Ein wirtschaftlicher Vorteil ist auch darin zu sehen, dass bei auf die fluiddurchströmte Last angepasster Applikatorgeometrie ein Zirkulator als Schutz für in die Mikrowellenquelle zurücklaufende Wellen nicht mehr notwendig ist, da die von der Quelle emittierte Welle vollständig in der Last dissipiert und damit in Wärme gewandelt wird. Ein solcher wäre redundant und daher nur als zusätzlich Schutzeinrichtung eingebaut.

Im Applikator besteht bei wohl angepasster Geometrie die Situation der elektromagnetischen Quelle in Form der Antenne bzw. Einkoppelöffnung und der ohne Reflexion aufnehmenden Senke, in Form der gesamten Last aus dielektrischem Rohr und darin durchströmendem Fluid, wobei bei der technischen Auslegung darauf geachtet wird, dass die eingekoppelte elektromagnetische Energie

ins durchströmenden Fluid völlig, zumindest aber hauptsächlich dissipiert. Bei Puls-Breitengeregeltem Betrieb der Mikrowellenquelle kann die Leistung der Einrichtung kontinuierlich von Null bis auf Nennleistung geregelt werden.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung näher beschrieben. Die Zeichnung besteht aus den Figuren 1 bis 3. Sie zeigen:

Figur 1 den Applikator,

Figur 2 die Intensitätsverteilung im beladenen Applikator bei Abstimmung,

Figur 3 die Intensitätsverteilung im leeren Applikator.

Der im folgenden beschriebene mikrowellentechnische Durchlauf-erhitzer arbeitet bei der Mikrowellen-Frequenz $\nu = 2,45$ GHz, das ist der Wellenlänge $\lambda \approx 12$ cm im Vakuum äquivalent. Die Geometrie orientiert sich daran. Zwei weiter nutzbare ISM-Frequenzen sind die niedrigere von 915 MHz und die höhere von 5,85 GHz beispielsweise. Technisch einsetzbare Mikrowellenquellen sind dafür noch standardmäßig zu bekommen.

Im jetzt beschriebene Ausführungsbeispiel wird als Mikrowellenquelle ein Magnetron eingesetzt. Es hat beispielhaft die folgenden technischen Daten:

Mikrowellenleistung	1000 W,
Frequenz	2,45 GHz,
Spannung	4,2 kV,
Strom	0,33 A.

Das Magnetron bildet mit seiner Kühleinrichtung meist schon ab Werk eine bauliche Einheit. An seinen Kopf ist der rechteckige Hohlleiter offen und dort mit einem Koppelflansch versehen. Daran flanscht der Applikator 1 an, an dessen nahe der Einkoppelöffnung liegenden Stirn zum eventuell notwendigen Leerpumpen ein Evakuierungsstutzen ansetzt. Die andere Stirn 8 des Applika-

tors 1 sitzt entweder fest oder ist als Kurzschlusschieber 8 ausgebildet.

Figur 1 zeigt diese Situation nicht in diesem Umfang. Es wird lediglich der quaderförmige Applikator 1 dargestellt, der hier beispielsweise aus Aluminium ist. In seiner oberen Deckwand 3 ist die Öffnung 5 für die Mikrowelleneinkopplung. Weiter auf der Längsachse in der Figur nach links ist zwischen der Deck- 3 und Bodenwand 4 des Applikators 1 das dielektrische Rohr 2 eingebaut, hier ein Keramikrohr aus Al_2O_3 . Nach außen hin setzen daran auf der einen Seite 3 der metallisch geschirmte Abfluss 6 und auf der andern Seite 4 der metallisch geschirmte Zufluss 7 an. Jeweils daran schließt der Übergang auf den Schlauch 10 bzw. 9 des Kreislaufs an.

In Figur 2 ist der elektromagnetische Zustand im Applikator 1 bei auf den Lastfall abgestimmter Geometrie auf der zur Einkopplungsebene parallelen Mittelebene durch den Applikator 1 dargestellt, d.h. der Applikator 1 bzw. das dielektrische Rohr 2 ist fluiddurchströmt. In der Nähe der im Bild rechts oberen Stirnwand, $\lambda/4$ -Abstand ≈ 3 cm, ist die Quelle, also die Einkopplung der Mikrowellenenergie mit zunächst noch hoher Energiedichte relativ zum weiteren Innern des Applikators 1. In der Nähe der im Bild linken Stirnwand 8, im lastabhängigen $\lambda/4$ -Abstand davon versinkt die gesamte elektromagnetische Energie, d.h. sie wird volumetrisch in der strömende Last in thermische Energie dissipiert. Bei dieser Situation gibt es keine Reflexion/Resonanz im Applikator, die Mikrowelle wird in der Last völlig aufgesaugt. Zum anschaulichen Vergleich zeigt die Figur 3 den lastlosen Fall, der sich durch die Reflexion/Resonanz im Applikator darstellt. Dieser Resonanzfall ist zu vermeiden, da ohne einen Zirkulator zwischen der Mikrowellenquelle, hier dem Magnetron, und der Einkoppelöffnung 5 im Applikator 1, dieselbe durch Rückwärtseinkopplung aus dem Applikator 1 gefährdet wäre. Ganz allgemein muss die Rückwärtseinkopplung in eine Mikrowel-

lenquelle durch Anpassung vermieden oder zumindest bis auf ein tolerables Maß durch Schutzmaßnahmen wie den Zirkulator unterdrückt werden.

Die Baugruppe der standardmäßig verwendeten Mikrowelle, also die Mikrowellenquelle als solche mit ihrer Kühleinrichtung in Form eines Gebläses oder in Form einer Kühlschlangengruppe, an wärmeabzuführender Stelle ankoppelnd, die Stromversorgung mit Steuer- und Schalteinrichtung, ist nicht angedeutet, da die für die Erläuterung der Erfindung die Einkoppelöffnung 5 am Applikator 1 ausreicht. Dort koppelt bekanntermaßen die Auskoppelöffnung der Mikrowellenquelle direkt oder indirekt über ein Wellenleiterstück an. Weitere, technisch übliche Maßnahmen zu Überwachungs-, Schutz- und Steuerungszwecken sind in der Figur 1 der Übersicht und der Hervorhebung halber auch nicht angedeutet.

Bezugszeichenliste:

- 1 Applikator
- 2 Keramikrohr
- 3 Seitenwand, Deckwand
- 4 Seitenwand, Bodenwand
- 5 Einkoppelöffnung, Mikrowelleneinkoppelöffnung
- 6 Abfluss
- 7 Zufluss
- 8 Stirnwand
- 9 Schlauchsystem
- 10 Schlauchsystem

Zusammenfassung

Der mikrowellentechnische Durchlauferhitzer zum Erwärmen fluider Medien besteht aus einer Mikrowellenquelle, die direkt oder indirekt an einen Applikator angeflanscht ist. Der Applikator ist ein quaderförmiger Resonatorraum, in dem auf einer Seitenwand die Mikrowelle über eine Öffnung einkoppelt und darin den linear polarisierten Grundmode TE_{10} anregt. Zwischen derselben Seitenwand und der gegenüberliegenden ist das dielektrische Rohr eingespannt, in der das zu erwärmende Fluid durchströmt. Beides, dielektrisches Rohr und durchströmendes Fluid im wesentlichen bilden die Last für die Mikrowellenquelle. Die Abstimmung der Einrichtung geschieht derart, dass die gesamte Mikrowellenenergie in die Last dissipieren kann.

1/3

Übergang an Schlauchsystem

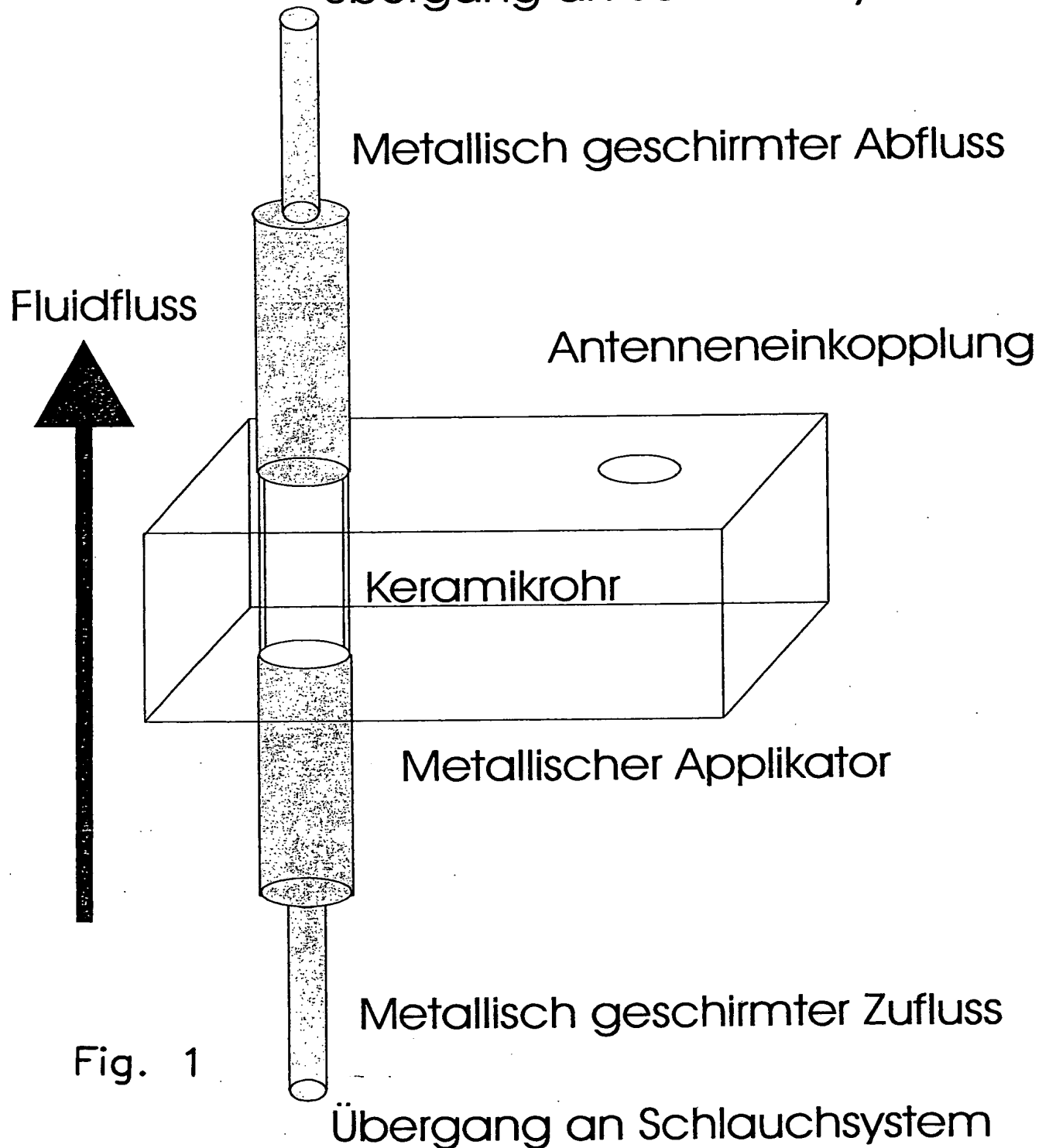


Fig. 1

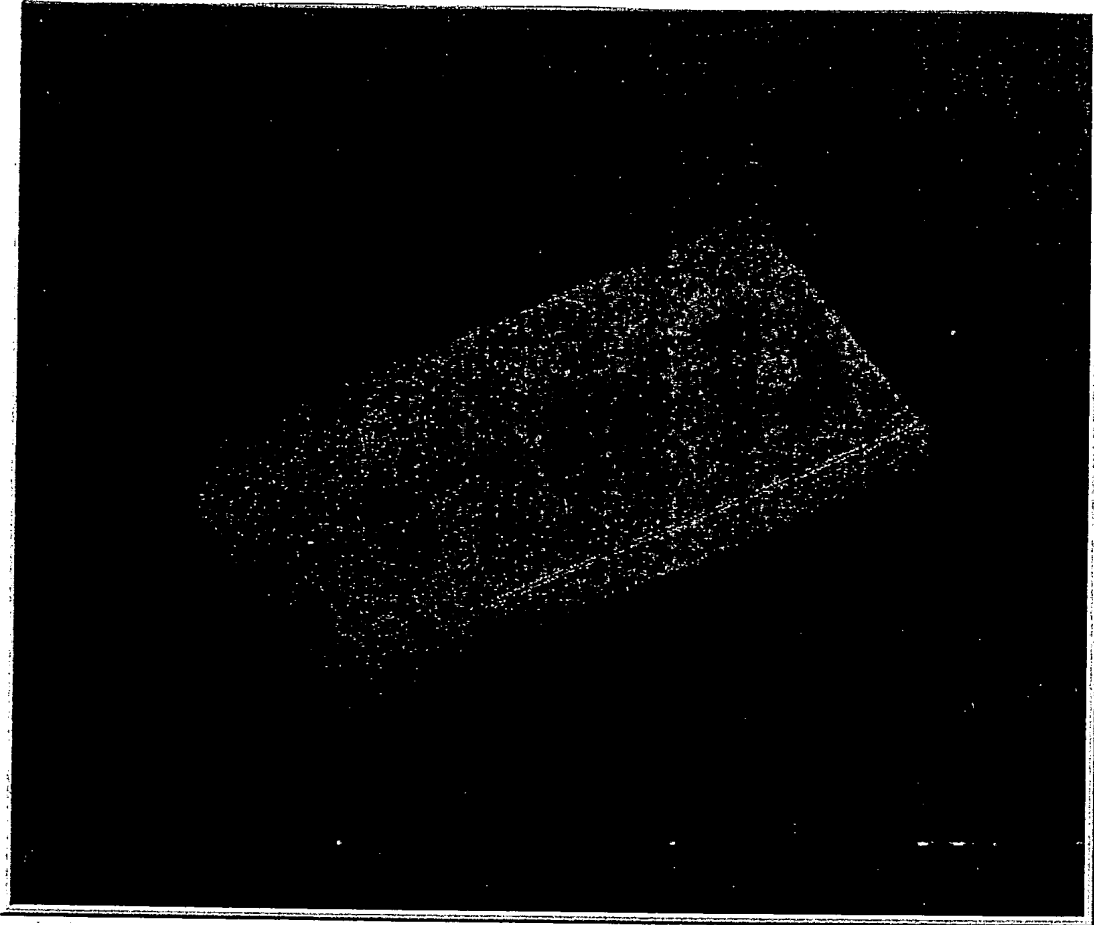


Fig. 2

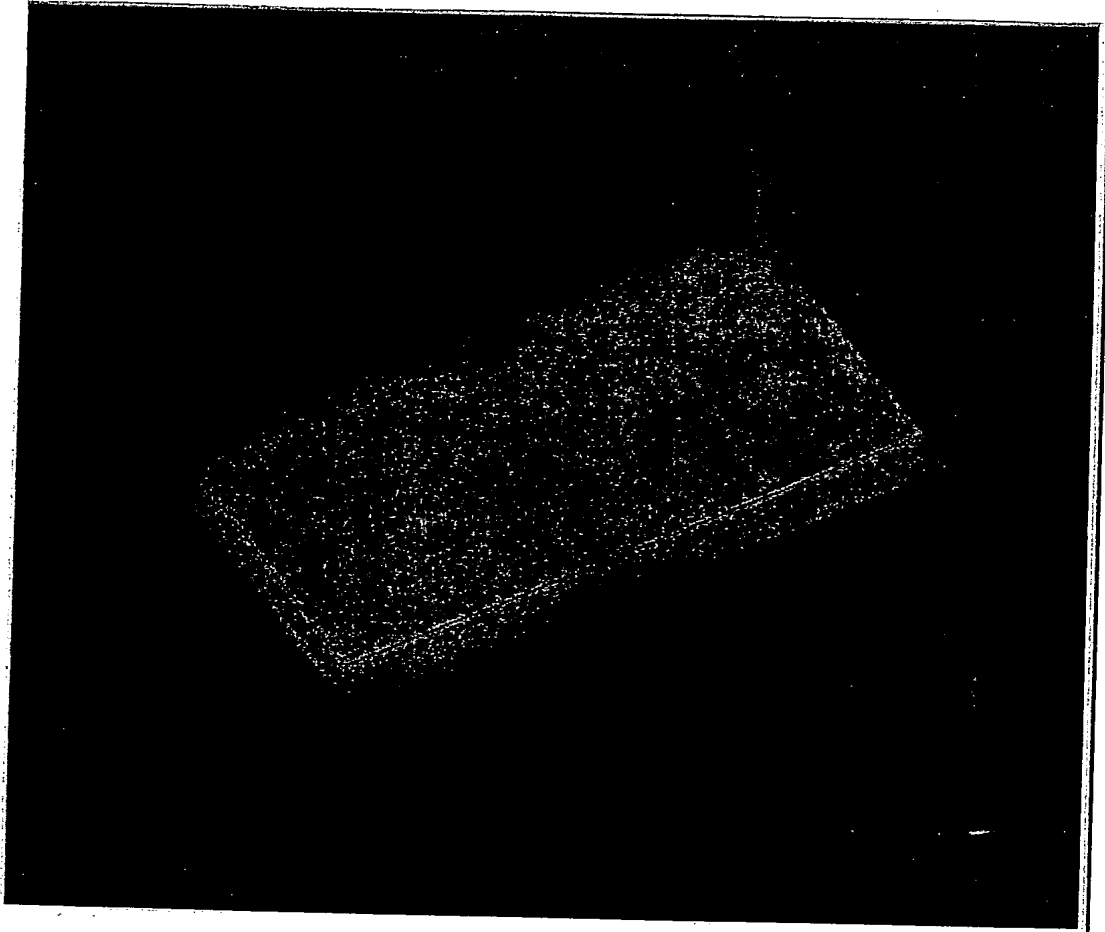


Fig. 3